



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TIEN JA KADUN PÄÄLLYSRAKENTEEN LAATUVAATIMUKSET

TEKIJÄ: Toni Räsänen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma	
Työn tekijä Toni Räsänen	
Työn nimi Tien ja kadun päällysrakenteen laatuvaatimukset	
Päiväys 18.5.2015	Sivumäärä/Liitteet 31
Ohjaajat Raimo Lehtiniemi lehtori, Juha Pakarinen pt. tuntiopettaja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Maanrakennus Pertti Karttunen Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän työn tavoitteena oli tehdä pieni tietokokonaisuus, jossa olisi tarkasteltu ohjeita ja yleisiä laatuvaatimuksia teiden rakennetöistä. Lisäksi tavoitteena oli kertoa katujen ja teiden tasaisuusvaatimuksista. Opinnäytetyö tehtiin Maanrakennus Pertti Karttunen Oy:lle, joka toimii Mestar Oy:n ja Kuopion verkko Oy:n aliurakoitsijana.</p> <p>Työssä huomioitiin yrityksen tarpeet, kuinka rakennekerrokset tulisi tehdä ja mitä kulutuspinnan laadulta vaaditaan. Tärkeimmät asiat kerrottiin luettelomuodossa ja kuvia käytettiin apuna. Työssä on käytetty omia kokemuseräisiä tietoja, InfraRYL ja MaaRYL 2010:n yleisiä laatuvaatimuksia ja ohjeita, sekä tutkittu erilaisia nettijulkaisuja.</p> <p>Tuloksena saatiin tiivis kokonaisuus tien ja katualueen rakennekerroksista sekä tärkeimmistä päällysrakenteen laatuvaatimuksista. Työhön koottiin myös tärkeitä turvallisuusmääräyksiä ja -ohjeita sekä maanrakennustöiden lain-säädäntöä.</p>	
Avainsanat rakennekerrokset, päällysrakenteen laatuvaatimukset, määräykset ja ohjeet	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Management			
Author Toni Räsänen			
Title of Thesis Road and Street Pavement Quality			
Date	18 May 2015	Pages/Appendices	31
Supervisor(s) Mr Raimo Lehtiniemi, Senior Lecturer and Mr Juha Pakarinen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Maarakennus Pertti Karttunen Oy			
<b>Abstract</b>  <p>The objective of this thesis was to make a small dataset for examining the instructions and general quality standards for road construction work. In addition, the aim was to tell about the flatness requirements for streets and roads. The thesis was commissioned by Maarakennus Pertti Karttunen Ltd. which operates as a subcontractor for Masters Ltd and network Kuopio Ltd.</p> <p>The work took into account the company's needs, how the structure of the layers should be done and what is required of the wear of surface quality. The most important things were told in a list format, and images were used as a reference. The company's own empirical data as well as InfraRYL and MaaRYL 2010 common quality standards and guidelines were used as a source material. Also a variety of online publications were studied.</p> <p>As a result was a dataset of the structural layers in road and street areas as well as of the most important pavement quality requirements. In addition, important safety regulations and guidelines as well as legislation for construction were collected in the thesis.</p>			
<b>Keywords</b> Structural layers, pavement quality standards, regulations and guidelines			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	MAANRAKKEKNUSTÖIDEN LAINSÄÄDÄNTÖ .....	7
2.1	Suunnitteluvollisuus ja esitiedot .....	7
2.2	Kaivutyö ja kaivannon tuenta .....	7
2.3	Maanrakennuskoneiden vaara-alue .....	7
3	MAANRAKENNISTÖIDEN OHJEET JA TYÖTURVALLISUUS .....	8
3.1	Liikennemerkkit .....	9
3.2	Suojaus .....	10
3.3	Kaivannon tuenta .....	11
4	TIEALUEIDEN RAKENTEET .....	12
4.1	Maalajit .....	13
4.2	Normien mukaiset maa-ainekset .....	14
4.3	Rakennekerrokset .....	14
4.3.1	Suodatinkerros .....	14
4.3.2	Jakava kerros .....	15
4.3.3	Kantava kerros .....	17
4.3.4	Päällyste .....	18
5	MAANTIIVISTYS .....	19
5.1	Maantiivistämisen merkitys .....	19
5.2	Koneet .....	19
5.3	Täryt .....	20
5.4	Tiiveysvaatimukset .....	23
5.5	Tiiveyskokeet .....	24
5.5.1	Proctor .....	24
5.5.2	Loadman .....	24
5.5.3	Troxler .....	24
5.5.4	Levykuormituskoe .....	25
5.5.5	Vesivolymetri .....	25
6	KULUTUSKEROKSEN TASAISUUS .....	26
6.1	Tasaisuus .....	26

6.2	Pituussuuntainen tasaisuus.....	26
6.3	Poikittaissuuntainen tasaisuus.....	26
6.4	Sivukaltevuus .....	26
6.5	Pituuskaltevuus.....	27
6.6	Vakavuus .....	27
6.7	Kadun toimivuusvaatimukset .....	28
6.8	Turvallisuusluokittelu.....	28
7	LOPPUPÄÄTELMÄ .....	29
8	LÄHTEET .....	30

## 1 JOHDANTO

Maanrakennustyömaalla tarvitaan paljon erilaista tietoa kustakin työvaiheesta. Hyvää rakennustapaa on oleellinen osa nykypäivän laadunhallintaa, koska se vaikuttaa rakentamisen laatuun ja lopputulokseen, kadun elinkaareen, työskentelyn turvallisuuteen, itse työskentelyyn työmaalla, sekä työmaan kustannuksiin. Tässä opinnäytetyössä kerrotaan teiden ja katujen rakennekerroksista sekä katujen ja teiden tasaisuusvaatimuksia.

Isot ja raskaat koneet ja ajoneuvot ovat osallisena yleensä onnettomuuksiin ja tapaturmiin maanrakennusalalla. Maanrakennusala on tästä johtuen vaarallinen ja haastava. Siksi kerronkin tässä työssä ohjeita, miten voidaan turvallisesti rakentaa työntekijät ja tielläliikkuajat huomioon ottaen.

Opinnäytetyössä lähteinä käytetään alan kirjallisuutta, Internetin luotettavia julkaisuja (Tiehallinnon julkaisut yms.), lakeja ja asetuksia ja MaaRYL- ja InfraRYL-kortistoa, jotka määrittelevät nykyiset maanrakennustyömaan laadunhallinnan pelisäännöt ja termistön. Tässä työssä tutkin ja kokosin kaasan tärkeimpiä tietoja ja ohjeita työturvallisuudesta, ohjeista ja normeista ja laista.

## 2 MAANRAKKENNUSTÖIDEN LAINSÄÄDÄNTÖ

### 2.1 Suunnitteluvastuu ja esitiedot

*Sortuman vaara sekä maan ja maamassojen kantavuus ja vakavuus on arvioitava luotettavasti. Kaivannon tuentaa ja muuta suojaustoimenpidettä koskeva suunnitelma on laadittava pätevän henkilön toimesta ennen työn alkua. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009, §33.)*

*Ennen töiden aloittamista on selvítettävä turvallisuuden ja terveyden suojelemiseksi maaperän biologiset ja kemialliset vaara- ja haittatekijät sekä niiden merkitys työntekijöiden ja työn vaikutuspiirissä olevien henkilöiden turvallisuudelle. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009, §33.)*

### 2.2 Kaivutyö ja kaivannon tuenta

*Kaivutyö on tehtävä turvallisesti ottaen huomioon maan geotekniset ominaisuudet, kaivannon syvyys, luiskien kaltevuus ja kuormitus sekä vedestä ja liikenteen tärinästä aiheutuvat vaaratekijät. Jos sortuma saattaa aiheuttaa tapaturman, kaivannon seinämä on tuettava. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009, §34.)*

*Luotettavan selvityksen perusteella voidaan kaivannon työturvallisuus toteuttaa luiskaamalla tai poraamalla kaivanto. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009, §34.)*

*Erityisiin toimenpiteisiin sortumisen aiheuttaman tapaturman vaaran välttämiseksi on tarvittaessa ryhdyttävä sateen, kuivumisen tai roudan sulamisen johdosta. Samoin on toimittava, jos kaivetaan eloperäisiä tai hienorakeisia maalajeja tai kahta metriä syvempää, kapeaa kaivantoa tai kun kaivannon yhteydessä tai läheisyydessä suoritetaan tärinää aiheuttavaa työtä taikka kun kaivantoon vaikuttaa raskas ajoliikenne. Tehtäessä kaivutyötä rakennuksen tai muun rakennelman alla tai vieressä on ryhdyttävä ennalta riittäviin tukitoimenpiteisiin sortumisen estämiseksi. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009, §34.)*

### 2.3 Maanrakennuskoneiden vaara-alue

*Maanrakennuskoneiden työalueella on huolehdittava siitä, ettei henkilöitä ole vaaranalaisissa paikoissa. Peruuttavien ajoneuvojen aiheuttama vaara on sopivalla tavalla torjuttava. Tarvittaessa on käytettävä peruutushälyttimiä, sopivia kieltotauluja, aitausta ja muita turvalaitteita tai keskeytettävä koneen käyttö vaara-alueella. Kuljettajan on poistuessaan koneen ohjaamosta varmistettava, etteivät kone tai sen laitteet aiheuta tapaturman vaaraa. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009, §35.)*

*Ajoneuvot, maanrakennuskoneet sekä nosto- ja muut laitteet on sijoitettava turvallisen etäisyyden päähän kaivannon reunasta huomioon ottaen maan laatu ja kaivannon syvyys. Liikenne on ohjattava riittävän kauaksi kaivannon reunasta sopivin ohjauspuomein ja estein. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009, §35.)*

*Käytettäessä kaivinkonetta tai kaivuria viemäriputken tai muun elementin asentamiseen kaivutyön yhteydessä on erityisesti huolehdittava siitä, ettei vaarallisissa paikoissa ole henkilöitä ja että laite on varustettu luotettavalla nostokoukulla. Kaivinkoneen suurin sallittu kuorma nostotyössä on määritettävä luotettavasti. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009, §35.)*

*Maanrakennuskoneiden kuljettajille sekä muille työntekijöille on annettava erityistä opetusta ja ohjausta maanrakennuskoneiden aiheuttamista vaaratekijöistä ja niiden torjumisesta. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009, §35.)*

### 3 MAANRAKENNUSTÖIDEN OHJEET JA TYÖTURVALLISUUS

Ennen maarakennustöiden aloittamista tulee kaikkien työntekijöiden olla perehtyneitä kaivannossa ja sen välittömässä läheisyydessä työskentelyn vaaroihin ja heillä tulee olla voimassa työturvallisuuskortti ja tieturvakortti. Työnteko on ainoastaan sallittua asianmukaisissa kaivannoissa, jotka ovat oikein tuettuja tai luiskattuja tai ne ovat sellaisia joissa ei ole sortumavaaraa. Erityisesti sortuminen täytyy ottaa huomioon, kun työskennellään matalissa kaivannoissa, joissa ollaan kyykyssä, polvistuneena tai makuullaan. Kulku kaivantoon täytyy järjestää asianmukaisia kulkureittejä pitkin.

Yli 2 metriä syvä maakaivanto täytyy suojata kaiteilla tai kulkuesteillä 2 m päähän kaivannon reunasta. Kaivumaiden sijoituspaikka tulee ottaa huomioon, mahtuvatko maat kaivannon lähiseudulle vai kuljetetaanko ne kauemmaksi varastoivaksi vai kokonaan pois. Töiden päätyttyä kaivanto täytyy suojata ja merkitä hyvin. Kaivanto suojataan ulkopuolisilta jalankulkijoilta sekä ajoneuvoilta, aidoilla ja puomeilla sekä mahdollisilla huomiovaloilla. (Katso kuva 1)



Kuva 1. Suojattukaivanto (Toni Räsänen 2015)



### 3.1 Liikennemerkit

Liikennemerkeillä ja tiemerkinnöillä on suuri merkitys turvallisessa ja selkeässä rakennuskohteessa. Liikennemerkit on pidettävä oikeina koko työn etenemisen ajan. Pysyvät liikennemerkit poistetaan tai peitetään ja tiemerkinnät jysytään tai maalataan piiloon mustalla maalilla. Työaikana on syytä merkitä kulkureitit maalaamalla, jollei niitä eroteta sulkulaittein. (Tiehallinto)

Tietöiden aikana on käytettävä virallisia liikennemerkkejä, tiemerkintöjä ja laitteita, jotka täyttävät laissa määrätyt asetukset, jotka koskevat väriä, rakennetta ja mitoitus. Kuvassa 2 on esillä viralliset tietyö- ja kapeneva tie liikennemerkit. (Liikenneministeriön päätös liikenteen ohjauslaitteista 16.3.1982/203)

Kaivutöiden aikana käytettävät liikennemerkit:

- tietyömerkki
- kapeneva tie liikennemerkki
- ohjemerkit
- nopeusmerkit
- varoitusmerkit
- määräysmerkit
- kielto- ja rajoitusmerkit
- etuajo-oikeus- ja väistämismmerkit.



Kuva 2. Tietyö- ja kapeneva tie liikennemerkki (Toni Räsänen 2015)

### 3.2 Suojaus

Monesti kaivettavilla alueilla on puita ja muita suojeltavia kohteita, joita urakoitsija ei jaksaa ajanpuutteen ja piittaamattomuuden takia suojata, tästä kertyy useasti vahinkoja ja siitä johtuen urakasta jäävät voitot menevät korjaustoimenpiteisiin. Puut täytyisi suojata laudoittamalla puut ympäri ja mahdollisesti estää juurien tuhoutuminen. Vesisulkujen- ja kaivojen kannet on syytä maalata hohtavilla maaleilla ja merkitä vaikka merkkitikulla, jotta ne huomattaisi ja mahdollinen hajoaminen estyisi.

Ennen maa- ja vesirakennustyön aloittamista on otettava selvää maan ja kallioperän geoteknisistä ominaisuuksista ja yhdyskuntatekniikan aiheuttamista haitta- ja vaaratekijöistä, kuten paikalla olevien kaapeleiden, johtojen ja putkistojen sijainnista. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 33§). Ennen kaivutöihin ryhtymistä edellä olevien asioiden huomioinen hyvin tärkeää, jotta isoilta vahingoilta ja lisäkustannuksilta vältytään. Vakuutusyhtiö ei korvaa mahdollista kaapelivikaa, mikäli kaapelinnäyttöä ei ole otettu.

Kaivutöissä edessä olevat putkien ja johtojen tukeminen tulee ottaa huomioon, jotta niiden ehjänä pysyminen ja toimivuus voidaan taata. Ne voidaan tukea esimerkiksi ylös puisilla pukeilla tai laittaa roikkumaan kaivantoon liinoilla ja narulla.

### 3.3 Kaivannon tuenta

Mikäli kaivanto voi sortua tai mikäli kaivannon syvyys ja maa-aines sen vaatii, niin kaivannon seinä on tuettava tai luiskattava taulukon 1 ja 2 arvojen mukaan. Yleensä työmaalla geoteknikko määrittää milloin maalajista johtuen luiskaamista tarvitaan. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 34 §.)

Taulukko 1. Tukemattoman kaivannon liuskakaltevuudet. (Jääskeläinen 2009, 179)

	h<1,2m	Kaivannon syvyys	
		1,2m<h<2,0m	h>2,0m
Maapohja		Liuskan kaltevuus	
Löyhä ja keskitiivis siltti	Pystysuora	1:2,5...1:1 Riippuen	
Löyhä ja keskitiivis hiekka		maa-aineksen laadusta	
Löyhä sora		Ja ominaisuuksista	
Löyhä moreeni			
Tiivis siltti	Pystysuora		
tiivis hiekka		<2:1...3:1	<1:1...2:1
Keskitiivis hiekka			
Keskitiivis moreeni	Pystysuora		
Tiivis sora		<4:1...5:1	<3:1...4:1
Tiivis moreeni			

Taulukko 2. Tukemattoman kaivannon luiskakaltevuudet ja kaivussyvyudet. (Jääskeläinen 2009, 179)

	Luiskan kaltevuus					
	5:01	3:01	2:01	1:01	1:02	1:03
Maapohja	suurin kaivussyvyys					
hyvin pehmeä savi	–	–	–	1,7	1,9	2,1
Pehmeä savi	1,6	1,7	1,9	2,3	2,5	2,7
Sitkeä savi	2,0	2,5	3,0	3,2	3,7	4,0

## 4 TIEALUEIDEN RAKENTEET

Maalajit jaotellaan niiden raekoon ja koostumuksen mukaan ja niiden sisältämän eloperäisen materiaalin perusteella. Osa maalajeista soveltuu erinomaisesti maanrakentamiseen toisia maalajeja paremmin tiivistys-, kantavuus-, routivuus- ja vedenläpäisevyyssominaisuuksien vuoksi. Suomessa maalajit jaetaan suomalaisen GEO-luokituksen tai kansainvälisen ISO-luokituksen mukaan (taulukko 3). Täällä on toistaiseksi käytössä vain GEO-luokitus (taulukko 3), mutta pian tulevaisuudessa on siirtyminen kansainväliseen ISO-luokitukseen. Suomalaisen ja kansainvälisen luokitusjärjestelmän eroavaisuudet eivät ole merkittävät, isoin ero on moreenimaalajien puuttuminen kansainvälisestä luokitusjärjestelmästä, joita ISO-luokitus ei tunne. (rakennuskone.fi)

Taulukko 3. Maa-ainesten raekokotaulukko (MaaRyl 2010.)

Päälajite Nimi	Lyhennys		Alalajite	Rakeiden läpimitta, mm	
	GEO	SFS-EN ISO		GEO	SFS-EN ISO
Savi	Sa	Cl		≤0,002	<0,002
Siltti	Si	Si		> 0,002...0,06	>0,002...0,063
		FSi	Hienosiltti	> 0,002...0,006	> 0,002...0,0063
		MSi	Keskisiltti	> 0,006...0,02	> 0,0063...0,02
		CSi	Karkeasiltti	> 0,02...0,06	> 0,02...0,063
Hiekka	Hk	Sa		> 0,06...2,0	> 0,063...2,0
		FSa	Hienohiekka	> 0,06...0,2	> 0,063...0,2
		MSa	Keskihiekkä	> 0,2...0,6	> 2,0...0,63
		Csa	Karkeahiekka	> 0,6...2,0	> 0,63...2,0
Sora	Sr	Gr		> 2,0...60,0	> 2,0...63,0
		FGr	Hienosora	> 2,0...6,0	> 2,0...6,3
		MGr	Keskisora	> 6,0...20,0	> 6,3...20,0
		CGr	Karkeasora	> 20,0...60,0	> 20,0...63,0
Kivet	Ki	Co		> 60...600	>63...200
			Pienet kivet	> 60...200	
			Suuret kivet	> 200...600	
Lohkareet	Lo	Bo		> 600	> 200...630
Suuret lohkareet		LBo			> 630

Suomessa on käytetty geoteknistä maalajiluokitusta (GEO-luokitusta) (Taulukko 4) 1970-luvulta lähtien. Maalajiryhmiä ovat eloperäiset maalajit, jossa eloperäistä maa-ainesta yli 20 painoprosenttia ja kivennäismaalajit, jossa kiviperäistä maa-ainesta yli 80 painoprosenttia. Maa-aineksen raekoko selvitetään laboratoriossa seulomalla se seulasarjalla. Seulonnan tuloksista saadaan piirrettyä graafinen rakeisuuskäyrä, nähdään minkä raekoon kohdalle osuu läpäisyprosentti 50. Maalajia nimettäessä todetaan ensin onko maa-aineksessa oleva eloperäisen aineksen määrä yli vai alle 20 painoprosenttia. Sitten tutkitaan kivennäismaalajien läpäisyprosenttia 50 vastaava raeläpimitta. Savet nimetään kuitenkin saveksen määrän perusteella. Lopuksi katsotaan taulukon lajitepitoisuusehtoihin sopiva nimi.

Hiekan ja hiekkamoreenin välillä taulukko ei ole yksiselitteinen, joten niiden välillä täytyy tarkastella myös syntytapaa. (Tiehallinto.fi)

Taulukko 4. Maalajit, geotekninen luokitus (MaaRyl 2010.)

Maalajiryhmä	Maalaji	Lyhennys	Lajitepitoisuus, painoprosenttia			Raekoko d50,mm
			Savi	Hienoaines	Sora	
Eloperäiset maalajit	Turve	Tv				
	Lieju	Lj				
Hienorakeiset maalajit	Savi	Sa	> 30			
	Siltti	Si	< 30	> 50	< 5	> 0,06
Karkearakeiset maalajit	Hiekka	Hk		< 50	< 50	0,02...2
	Sora	Sr		< 5	> 50	2...60
Moreeni maalajit	Silttimoreeni	SiMr		> 50	> 5	< 0,06
	Hiekkamoreeni	HkMr		5...50	5...50	0,06...2
	Soramoreeni	SrMr		> 5	> 50	>2

#### 4.1 Maalajit

Suomen luonnosta itsestään löytyy hyvin vähän rakennustyöhön soveltuvaa maa-ainesta, jonka johdosta maa-ainesta muokataan seulomalla, murskaamalla maa-ainesta pienempirakeiseksi tai yhdistämällä maa-aineksia keskenään. Yleisimmin rakennustöissä käytetään karkearakeisia maa-aineksia, pois lukien piha- ja viheralueet.

Maa-aineksen rakeisuus ja raekoko vaikuttavat hyvin suuresti sen käyttöön ja käyttökohteisiin. Hienorakeiset maalajit ovat yleensä routivia ja huonosti tai erittäin huonosti vettä läpäiseviä, mutta kosteuden ja vedenpidätyskyky niillä on hyvä, tästä johtuen niitä käytetään paljon viherrakentamisessa, kasvualustojen täytössä ja tasauksessa. Hienorakeisilla maa-aineksilla on korkea kapillaarinen veden nousukorkeus.

Karkearakeisia maalajeja käytetään puolestaan vaativimmissa rakennuskohteissa, joihin on määrätty tiiveysluokka ja mahdolliset muut vaatimukset rakenteelle, kuten kapillaarikatko ja kantavuusarvot. Karkearakeiset maalajit eivät yleensä roudi ja läpäisevät hyvin vettä, tästä johtuen karkeilla maalojeilla on myös alhainen kapillaariveden nousukorkeus.

Moreenimaita löytyy Suomesta hyvinkin paljon ja ovat siitä johtuen hyvin yleisiä. Moreenia käytetään hyvin vähän rakentamisessa, johtuen moreenin koostumuksesta, joka sisältää vähintään 5 painoprosenttia hienoa maa-ainesta sekä 5 painoprosenttia soraa. Mooreeni on sekarakeista ja kosteudenpitävää, tästä johtuen hyvin routivaa. Moreenin rakeisuudesta johtuen sillä on iso kapillaarinen vedenousukorkeus, tästä johtuen sitä ei voi käyttää teiden rakenteissa, missä ne pääsisivät jäätymään ja aiheuttamaan routavaurioita.

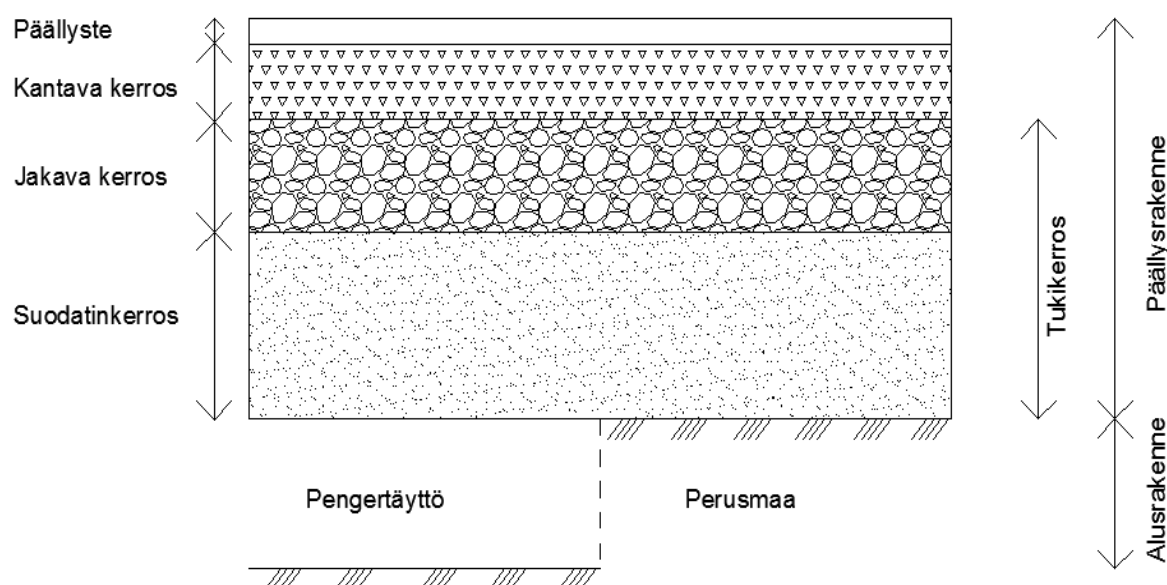
## 4.2 Normien mukaiset maa-ainekset

Maan täyttöissä maa-ainesten kelpoisuus todetaan ensisijaisesti CE-merkinnällä, jos kansalliset vaatimustasot materiaalin loppukohteessa täytetään. Mikäli tuotteen ominaisuuksien sopivuutta ei ole osoitettu luotettavasti, niin se voidaan todeta ao. ministeriön tuotehyväksynnällä tai kokeella maa-aineksesta kyseiseltä kohteelta. Maa-aineksien tulee olla puhtaita, eivätkä saa sisältää epäpuhtauksia. Kiviainekset eivät saa olla haljenneita tai halkeamisherkkiä. (Rakennustieto.fi).

Rakeisuutta on hyvä tutkia standardin *SFS-EN 933-1* mukaisesti pesuseulonnalla riittävän useasti tai kun raaka-aine muuttuu silmämääräisesti, jotta varmistetaan rakeisuuden pysyminen vaatimusten mukaisena. (Rakennustieto.fi).

## 4.3 Rakennekerrokset

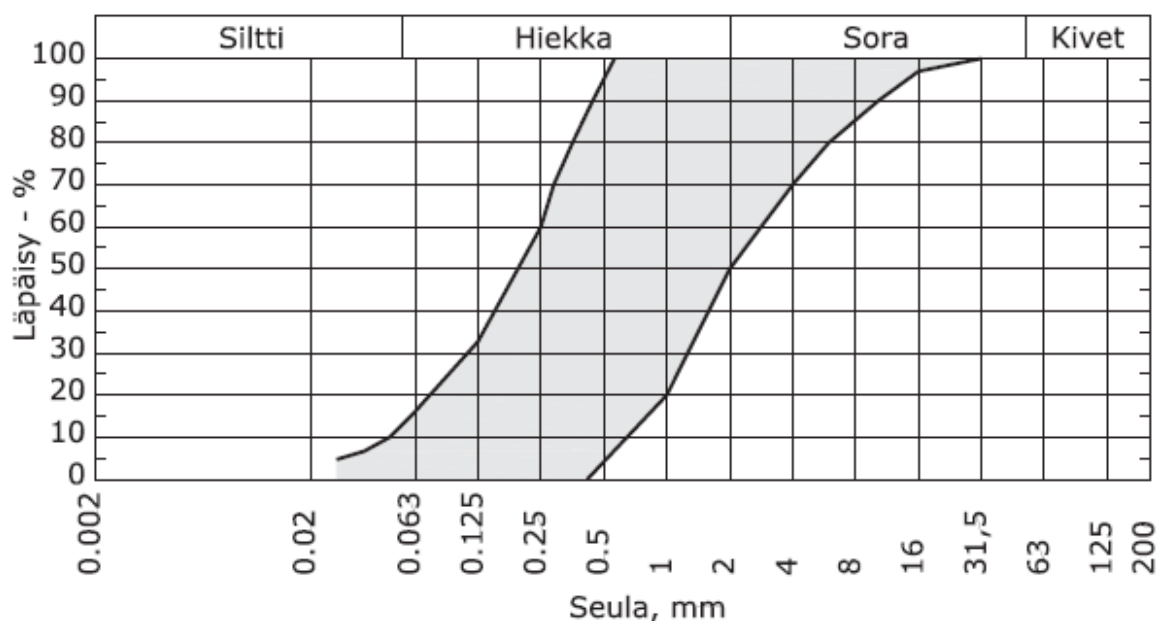
Tie- ja katualue tulee perustaa ja rakentaa hyvin, jotta routa ja liikenteen kuormitus ei vaurioittaisi tien rakennetta. Kuvassa 3 on esitetty tie- ja katualueen rakennekerrokset.



Kuva 3. Rakennekerrokset. (Toni Räsänen 2015)

### 4.3.1 Suodatinkerros

Suodatinkerroksessa tulee käyttää hiekkaa, joka täyttää kuvan 4 rakeisuus määräykset. Rakeisuus-käyrän tulee olla viivojen sisällä. Kerroksessa ei sallita savea, silmämääräisesti humusta eikä epäpuhtauksia. (Rakennustieto.fi).



Kuvio 4. Suodatinhiekkä. (Rakennustieto.fi)

Jos suodatinkerroksen paksuus on alle 500 mm, niin suurin sallittu reakoko on 31,5 mm. Mikäli täytön paksuus ylittää 0,5 m, niin sallitaan enintään 5 paino %:lla 31,5 - 200 mm rakeita. (Rakennustieto.fi).

Taulukko 5. Suodatinkerroksen poikkeamat. (Rakennustieto.fi).

Sallittu poikkeama	
Tasosijainti	
Tasosijainnin poikkeama vaakasuunnassa	0+150 mm
Taso	
Yksittäinen poikkeama kohtisuuraa pintaa vastaan	±40 mm
Yksittäisen poikkeaman muutos	50 mm / 20m
Tason keskiarvon poikkeama kohtisuuraan pintaa vastaan	±20 mm
Kaltevuus	± 1,5%

#### 4.3.2 Jakava kerros

Jakavan kerroksen tehtävä on kantavuuden lisääminen. Tavallisesti se tehdään murskeesta tai sorasta raekoon ollessa 0-63 mm. Maarakenteissa käytettävät maa-ainekset ja murskatut kiviainesmateriaalit soveltuvat teknisiltä ominaisuuksiltaan käyttökohteeseen ja ovat riittävän tasalaatuisia. (katso kuvat 5 ja 6) (Rakennustieto.fi).

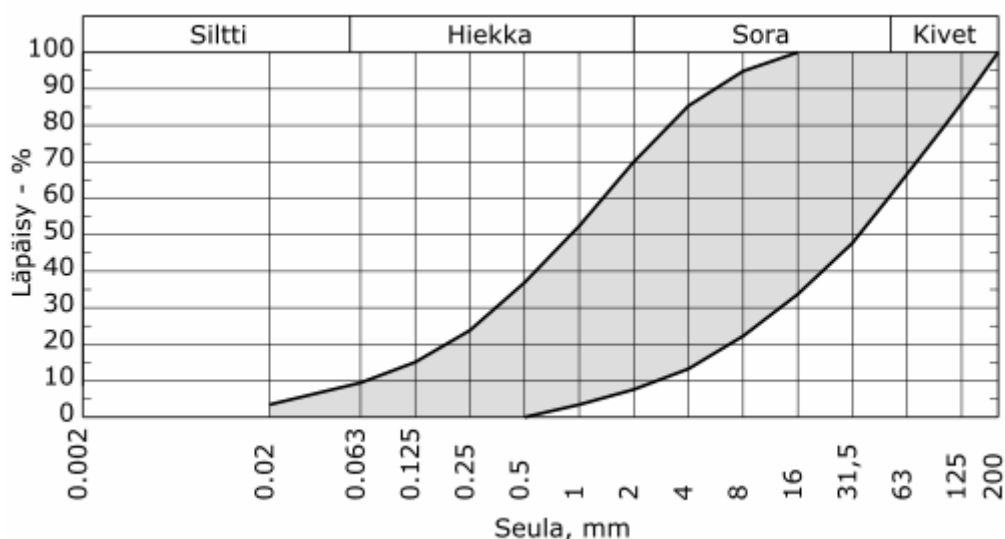
Tavanomaisesti kiviaineksena käytetään luonnonsoraa tai kalliomursketta, mutta korvaavina materiaaleina voidaan käyttää uusiomateriaaleja eli teollisuudesta syntyviä jätteitä (lentotuhkaa, masuunihiekkaa ja masuunikuonamursketta, kappalekuonaa ja betonimursketta), mutta osalle näistä on haettava ympäristölupa ja kaikista on tehtävä ilmoitus ympäristösuojelujärjestelmään. (Rakennustieto.fi).

Murskeet voidaan tilata työmaalle vapailta markkinoilta, mutta rakentaja voi myös tehdä murskeet paikan päällä käytettävistä kiviaineista. Tässä tapauksessa rakentajan tulee tutkituttaa murskeet kuten markkinoilla olevat ja niiden tulee olla vaatimusten mukaiset ja toimittaa tilaajalle seulonta tulokset. (Rakennustieto.fi).

Jakavaan kerrokseen käytettävän murskeen hienoaineksen määrä saa olla korkeintaan 0,063 mm seulan läpäistäessä kalliomurskeessa 7 % ja soramurskeen enintään 9 %. Kiviaineksen Los Angeles-luku saa olla enintään 30 (Luokka LA<sub>30</sub>). (Rakennustieto.fi).

Jakavassa kerroksessa voidaan käyttää seuraavan *standardin SFS-EN 13285* mukaisia rakeisuuksia:

- 0/32
- 0/40
- 0/45
- 0/56
- 0/63
- 0/80



Kuvio 5. Jakavaan rakennekerrokseen käytettävän luonnonsoran rakeisuusvaatimukset. (Rakennustieto.fi).

Taulukko 6. Jakavan kerroksen sallitut poikkeamat. (Rakennustieto.fi).

	Sallittu poikkeama
Rakenteen yläpinnan tasosijainti	
Poikkeama vaakasuunnassa	0+150 mm
Em. poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	100 mm
Rakenteen yläpinnan korkeustaso	± 40 mm
Yksittäinen poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	± 30 mm
Yksittäisen poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	30 mm
Keskiarvon poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	± 15 mm
Rakenteen yläpinnan kaltevuuden poikkeama	± 1,0 %
Tasaisuus 3 m:n oikolaudalla mitattuna	20 mm

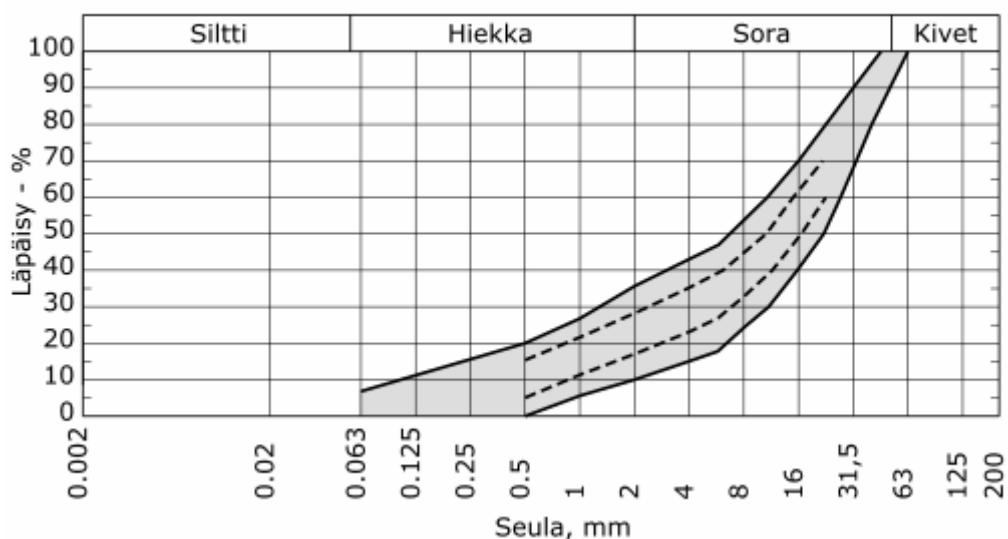


#### 4.3.3 Kantava kerros

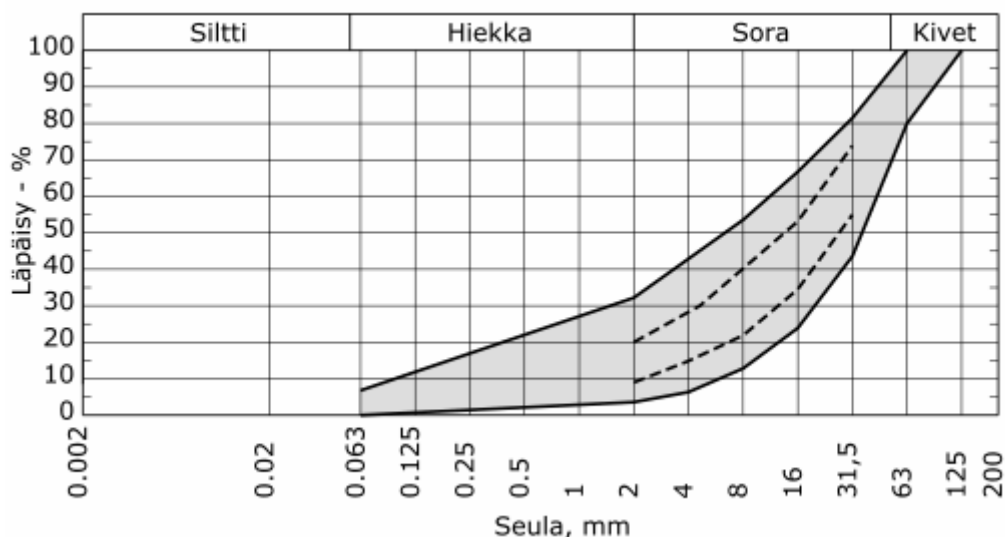
Kantavaan kerrokseen käytettävän murskeen hienoaineksen määrä saa olla korkeintaan 0,063 mm seulan läpäistäessä kalliomurskeessa 7 % ja soramurskeen enintään 9 %. Kiviaineksen Los Angeles-luku saa olla enintään 30 (Luokka LA<sub>30</sub>). (Rakennustieto.fi).

Kantavassa kerroksessa voidaan käyttää seuraavan standardin *SFS-EN 13285* mukaisia rakeisuuksia

- 0/32
- 0/40
- 0/45
- 0/56
- 0/63.



Kuvio 7. Kantavan kerroksen rakeisuusvaatimukset. (Rakennustieto.fi).



Kuvio 6. Kantavaan rakennekerroksen käytettävän kalliomurskeen rakeisuusvaatimukset. (Rakennustieto.fi).

Taulukko 7. Kantavan kerroksen sallitut poikkeamat. (Rakennustieto.fi).

	Sallittu poikkeama
Rakenteen yläpinnan tasosijainti	
Poikkeama vaakasuunnassa	0+150 mm
Em. poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	100 mm
Rakenteen yläpinnan korkeustaso	
Yksittäinen poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	± 20 mm
Yksittäisen poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	20 mm
Keskiarvon poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	± 10 mm
Rakenteen yläpinnan kaltevuuden poikkeama	± 0,5 %
Tasaisuus 3 m:n oikolaudalla mitattuna	12 mm

#### 4.3.4 Päälyste

Tiet ja pihamaat voidaan päällystää seuraavilla materiaaleilla:

- asfaltti
- luonnonkivi
- betoni ja betonikivet
- sirotepinta
- nurmikko
- sora- ja hiekkapinta.

## 5 MAANTIIVISTYS

### 5.1 Maantiivistämisen merkitys

Maan tiivistäminen on iso osa jokaista maanrakennushanketta ja mukana myös useimmissa talonrakennushankkeissa. Tiivistetyn maarakenteen päälle voidaan rakentaa kuormaa antava rakennus tai jokin muu rakenne esimerkiksi parkkipaikka.

Maa-ainekseen kuuluu aina minimissään kolmea eri komponenttia: maa-ainepartikkeleita, vettä ja ilmaa. Lopputiiveydelle erikohteissa ja työssä käytettäville maa-ainekselle on urakka-asiakirjoissa asetettu tiiveys ja laatuvaatimukset. Jos urakka-asiakirjoissa ei ole annettu erillisiä tiiviysvaatimuksia, käytetään Maaryl2010:ssä esitettäviä ”eri täyttökohteiden ohjeellisia tiiviys- tai kantavuusvaatimuksia”, jotka ovat esitetty taulukossa 6. (Rakennuskone.fi)

Maantiivistäminen muokkaa maa-ainesta ja järjestää maa-aineksen osat tiiviimmäksi, tiheämmäksi rakenteeksi. Lopputuloksen laatuun vaikuttavat tiivistettävän maa-aineksen ominaisuudet sekä käytettävä tiivistyskalusto. Kerralla tiivistettävän kerroksen paksuus määräytyy tiivistettävän maa-aineksen ominaisuuksista ja tiivistyskalustosta. Maamassat eivät saa jäätyä, ennen kuin ne on tiivistetty määräysten mukaiseen tiiveyteen. Työn aikana on hyvä seurata, että maamassat eivät pääsisi lajittumaan, levittämisen, läjityksen, kuljetuksen tai muun käsittelyn yhteydessä. Piha-alueet

Liikennöitävien alueiden ulkopuolella voidaan täyttötöissä käyttää kaivumaita, hieno- ja karkearakeisia maalajeja sekä moreenimaita, ellei jonkin muun syyn takia muuta vaadita. Tiivistyksen ja täytön täytyy tapahtua hyviä rakennustapoja noudattaen, jotta vältetään mahdollisilta painumilta.

Taulukko 6. Eri täyttökohteiden ohjeellisia tiiveys- ja kantavuusvaatimuksia. (Maaryl2010).

Täyttökohde	Tiiveysluokat	Tiiveysaste %	Kantavuusarvot E1 ja E2 MN/m <sup>2</sup>	Kantavuussuhde E1 ja E2
Suodatinkerros	1	≥ 90	$E_{\text{Max}}/E1 \leq 2,0$	-
Jakava kerros	1	≥ 92	$E2 \geq 87$	$\leq 2,2$
Kantava kerros	1	≥ 92	$E_{\text{Max}}/E1 \leq 1,7$	$\leq 2,0$
Kulutuserros	1	≥ 92	-	-
Puisto, maisema ja yms.				
Täytöt	3 ja 4	-	-	-

### 5.2 Koneet

Hyvään ja tiiviiseen maahan tarvitaan oikean kokoinen tiivistyskalusto ja oikea oppiset työtavat. Maan oikean optiseen tiiveyteen vaikuttaa paljon maan raekoko, kosteus ja tiivistettävän kerroksen

paksuus. Kalustoa valittaessa on huomioitava tiivistettävän kerroksen paksuus, tiivistettävän alueen koko ja tiivistettävä materiaali.

Tiivistyskaluston tärkeimmät ominaisuudet:

- Työpaino (kg)
- Iskuteho (J)
- Taajuus (Hz)
- Pohjalevyn pinta-ala (cm<sup>2</sup>)
- Työ- tai etenemisnopeus (m/min)
- Keskipakoisvoima (kN)
- Amplitudi (mm)
- Tärinäarvot (m/s<sup>2</sup>)
- (Moottorin) teho (kW)

Taulukko 7. Tiivistystaulukko. (Jääskeläinen 2009, 197)

Tiivistyskone tai -tapa	Täytemateriaali ja kerrospaksuus, m					
	Massa kN	Tiivistysajo-	Louhe	Hiekka,	Hiekka-	Siltti, kuivakuori
Nimitys	Saattisen Viimamassan Suuruus kN/m	Kertojen Vähimmäis-määrä	Karkea murske, kivet	sora, somero ja hieno hiekka	moreeni, soramoreeni	ja kova savi silttimoreeni
Käsijuntta	0,15 kN	3	–	0,15	0,10	0,10
Konejuntta	0,80 kN	3	–	0,30	0,25	0,20
Täryjuntta	0,50 kN	3	–	0,30	0,25	0,20
Tärylevy	0,50 kN	4	–	0,15	–	–
	1,00 kN	4	–	0,20	0,10	–
	4,00 kN	4	0,40	0,35	0,25	0,15
Pienjyrät	5...12 kN	6	0,40	0,30	0,20	–
Traktorivetoinen Täryjyrä	30 kN	6	0,70	0,40	0,30	0,20
	50 kN	6	1,00	0,55	0,45	0,30
	80 kN	6	1,20	0,60	0,50	0,35
Telaketjutraktori	100 kN	6	–	0,25	0,20	0,20
Värähtelevä	5 kN/m	6	–	0,15	0,10	–
2-valssijyrä	20 kN/m	6	–	0,30	0,25	0,15
	30 kN/m	6	–	0,45	0,35	0,25
Staattinen	50 kN/m	6	–	0,25	0,20	0,20
Kumipyöräjyrä	150 kN	6	–	0,20	0,20	0,20
	250 kN	6	–	0,30	0,25	0,25

### 5.3 Täryt

Pienet pyöreäpohjaiset tärylevyt ovat kevyitä, jotka painavat noin 50-100kg. Tämä käsikäyttöinen tärylevy on pääsääntöisesti suunniteltu tiivistämään ahtaita ja pieniä alueita sekä ohuita kerroksia. Tätä laitetta ohjataan sitä kääntämällä ja kallistamalla oikeaan haluttuun kulkusuuntaan. Kuvissa 8 ja 9 on esitetty pieni 80kg painava pyöreäpohjainen tärylevy ja 400kg painava tärylevy.



Kuva 8. Pieni 80kg painava pyöreäpohjainen tärylevy. (Toni Räsänen 2015.)





Kuva 9. 400kg painava tärälevy. (Toni Räsänen 2015)

Täryjuntta on harvinaisempi ja suhteellisen pieni painoltaan 50–100 kg ja sitä ohjataan laitetta kallistamalla. Suuresta iskutehosta ja pienestä pohjalevystä johtuen juntta sopii hyvin paikalliseen tiivistykseen.

Täryjyriä on hyvin raskas (noin 2 t–20 t) ajettava tai perässä vedettävä suurten alueiden, kuten isojen rakennusten alustäyttöihin sekä parkkialueiden ja teiden pohjien tiivistykseen. (katso kuva 10) Tässä luokassa kevyimmät koneet ovat joko aisa- tai kauko-ohjattavia, painavammat ovat tyypillisesti vain päältä ajettavia malleja. Koneita voidaan tarkentavasti kutsua myös 1- ja 2-valssisiksi, koneen valssiluvun mukaan. Tyypillisesti täryjyriissä ovat sileät teräspintaist valssit, mutta niissä voi myös olla kumiset renkaista tehdyt valssit, joita kutsutaan kumipyöräjäyriksi.



Kuva 10. Täryjyvä (Toni Räsänen 2015)

#### 5.4 Tiiveysvaatimukset

Tavallisimmat täyttökohteet ovat esitetty taulukossa 6. Taulukon sarakkeessa on määritelty täyttökohteen tiivistysluokka, jolla pyritään kuvaamaan kohteen vaativuutta maantiivistyksen kannalta. Tiivistysluokan 1 täyttökohteet ovat vaativimpia, minkä vuoksi näiden kohteiden lopputuotteen laadunvaatimukset ovat muita korkeampia. Tiivistysluokan 1 täyttökohteiden laatu varmistetaan lopuksi erilaisilla maantiiveyskokeilla.

## 5.5 Tiiveyskokeet

Työmaalla maan kantavuutta mitataan levykuormituskokeella ja pudotuspainolaitteella eli Loadman-laitteella. Tiiviyttä mitataan puolestaan Troxler-mittalaitteella, joka perustuu radioaktiivisen säteilyn heikentymiseen maa-aineksessa. Kuivatilavuuspaino voidaan mitata työmaalla vesivolymetrikokeella. Urakka-asiakirjoissa tulee määrittää tiiveyskokeiden lukumäärä ja suoritusten menetelmät, erityisesti niissä kohteissa missä tilavuuspainon määrittäminen on vaikeaa.

Tiiveyskokeilla arvioidaan karkearakeisten maamassojen kantavuus- ja lujuusominaisuuksia. Tiiveysasteella tarkoitetaan maa-aineksesta standardimenetelmällä mitattua irtotiheyttä ja sen suhdetta maksimi-irtotiheyteen.

### 5.5.1 Proctor

Parannettu Proctor-koe on laboratoriotesti, jolla on tarkoitus selvittää maa-aineksen maksimikuivatilavuuspaino. Kokeella selvitetään maan optimivesipitoisuus, jossa se saadaan jyrättyä tai tärytettyä varmimmin haluttuun tiiveyteen. Työmaalla sen toteutumista voidaan tarkkailla Troxler-laitteella. (Hämäläinen 2011)

### 5.5.2 Loadman

Loadman on kevyt pudotuspainolaite, jonka avulla maaperän kantavuutta voidaan mitata. Loadman-pudotuspainolaite laskee kantavuuden E-arvon laitteen sisällä putoavan painon aiheuttamasta painumasta. Laite on painonsa ja kokonsa puolesta helppo käsitellä, myös ahtaissa paikoissa. Loadmanilla voi maaperän tiiveyttä tutkia noin 200–450 mm syvyyteen. (Hämäläinen 2011)

### 5.5.3 Troxler

Troxler on säteilymittauslaite, jolla mitataan maan kosteuden määrää ja kuivatilavuuspainoa. Laitteen toiminta perustuu radioaktiivisten aineiden säteilyyn ja niiden takaisinheijastumiin maa-aineksen sisältävästä vedestä. (Hämäläinen 2011)

Pinta- ja vesipitoisuusmittaukset tehdään heijastusmittauksina suoraan asfaltin tai maaperän pinnasta. Mittauksia voidaan suorittaa myös anturasauvalla 50–300 mm:n syvyydeltä, joka on ihanteellisin menetelmä maalajitteita tai maaperää tutkittaessa. (Hämäläinen 2011)

Laitteen käyttö on menettänyt suosiotaan kiristyneiden vaatimusten vuoksi. Säteilyn johdosta kiristykset vaikuttavat kuljetukseen ja säilytykseen sekä käyttöön että käytöstä poistamiseen.

Troxlerilla saadaan selvitettyä lajitteen tai maa-aineksen kuivatilavuuspaino ja laite antaa myös vesipitoisuuden prosentteina.



#### 5.5.4 Levykuormituskoe

Työmaalla voidaan tehdä perinteinen staattinen levykuormituskoe. Kokeessa selvitetään maan painuma jonka aikana kerätään tietoa painuman määrästä ja vallitsevasta paineesta.

Maata vasten asetetaan jäykkä pyöreä levy, jota painetaan vastapainoa vasten hydraulisella tunkilla portaittain kasvavalla voimalla. Kokeessa vastapainona käytetään työkonetta, kuten kaivinkonetta.

Maan painumaa mitataan mittakellosta, jolloin myös paine kirjataan ylös. Kokeen toistamisella saadaan aikaan toistokuormituksen aiheuttama painuma, jonka mittaustulosten avulla saadaan piirrettyä kuormitus-muodonmuutos-kuvaaja.

”Kantavuus E1 ja toistokuormituksen jäykkyys E2 lasketaan maksimikuorman (yleensä 60 kN) aikaansaaman kuormituslevyn keskimääräisen pohjapaineen  $p$ , siirtymän  $s$  ja kuormituslevyn säteen  $a$  avulla seuraavalla kaavalla”. ”Kaavassa esiintyvä kerroin 1.5 huomioi maapohjan ominaisuuksia ja jännityksen leviämisen kuormituslevyn alla.” (Hämäläinen 2011).

$$E = \frac{1.5 \cdot p \cdot a}{s}$$

Maassa jäljellä oleva tiivistymispotentiaali saadaan selville vertailemalla toisiinsa kuormituskertojen kantavuusarvoja E2/E1. Kantavuusasteen ollessa pieni merkittävää maaperän tiivistymistä ei enää tapahdu. Levykuormituskoea tehdessä tulee huomioida kuormituslevyn halkaisijan ja mittaussyvyyden suoranverrannollisuus. Tehokas mittaussyvyys levykuormituskokeessa on noin  $2 \times$  levyn halkaisija.

#### 5.5.5 Vesivolymetri

Vesivolymetri on luotettava kuivatilavuuspainon mittauslaite. Vesivolymetriä voidaan käyttää hienorakeisissa maalajeissa sekä kivettömissä maalajeissa. Irtorakeisista maista häiriintymättömän näytteen ottaminen vaikeaa, joka johtuu maa-aineksen herkästä löyhtymisestä.

Koe suoritetaan tasaamalla mitattava alue ja asentamalla sen päälle vesivolymetrin pohjalevy, jossa on reikä keskellä. Itse mittalaite asennetaan pohjalevyn päälle ja mitataan alkutilavuus. Ensimmäisen mittauksen jälkeen laite nostetaan syrjään ja kaivetaan noin litran suuruinen kuoppa levyn keskelle. Kuopasta kaivettu maa-aines otetaan tarkasti talteen, joka punnitaan, näin saadaan selville näytteen paino. Mittauslaite asennetaan takaisin paikoilleen pohjalevyn päälle ja mitataan kuopan tilavuus. Alkutilavuuden ja kuopantilavuuden erotuksesta saadaan selville maanäytteen tilavuus. Maanäytteen paino jaetaan näytteen tilavuudella ja näin saadaan selville näytteen tilavuuspaino. (Asunen Mäkelä 2013)

## 6 KULUTUSKEROKSEN TASAISUUS

### 6.1 Tasaisuus

Tien ja katujen pintojen tulee olla turvallisen liikkumisen varmistamiseksi riittävän tasaiset. Pinnan muut epätasaisuudet ja urat eivät saa haitata ohjaamalla ajoneuvoa. Kadun tasaisuus pääsääntöisesti muodostuu kadun poikittais- ja pituussuuntaisesta tasaisuudesta. Tähän vaikuttaa paljon liikenteen aiheuttama kuluminen esim. urat ja vauriot ja päällysrakenteen vanheneminen ja ympäristölliset seikat kuten Pohjarakenteiden ja maapohjan painuminen ja maan routivuus. (Rakennustieto.fi).

Päällysteessä havainnoidaan monesti urautumista, jota voidaan ehkäistä erilaisilla päällysteillä sekä kantavalla ja jakavalla kerroksella. Näille kerroksille ei ole suoranaisia vaatimuksia urautumisen ja pituussuuntaisen tasaisuuden suhteen, mutta niille on asetettu vaatimukset hallitsemaan painumia erilaisina tiiveys-, rakeisuus- ja kuormitusvaatimuksina. (Rakennustieto.fi).

### 6.2 Pituussuuntainen tasaisuus

Katualue täytyy rakentaa huolellisesti, jottei rakenteissa tai sen alapuolella tapahtuva pohjan painuminen ja routiminen vaikuta pinnan tasaisuuteen. Pohjaratkaisuilla ja eristeillä vaikutetaan paljon pituussuuntaiseen tasaisuuteen samoin kuten johtorakenteiden teolla ja niiden täytöllä ja tiivistyksellä. (Rakennustieto.fi).

Kadun pituussuuntaiseen epätasaisuuteen vaikuttavat lisäksi rakenteessa käytettävien materiaalien homogeenisuus. (Rakennustieto.fi).

### 6.3 Poikittaissuuntainen tasaisuus

Tiealueen tulisi kestää siihen liikenteestä aiheutuvaa kulutusta ilman että kadun pinta liiallisesti urautuu. Kadun urautuminen johtuu kulutuskerroksen liiallisesta kulumisesta sekä rakennekerrosten painumista. (Rakennustieto.fi).

Päällysteen kestävyys vaikuttavat paljon alapuolisten kerrosten tiiveys, materiaali ja tämän kuormituskestävyys ja kuivatus- ja routivuusominaisuudet. Poikittaissuuntaiseen tasaisuuteen vaikuttaa kadun poikittaissuunnassa routanousu ja epätasainen painuma ja maamassojen rakeisuus ja tien reunojen vakavuus ja kuormituskestävyys. (Rakennustieto.fi).

### 6.4 Sivukaltevuus

Tien sivukaltevuuteen vaikuttaa sadevedet ja tien mutkat. Kaltevuuden täytyy olla riittävä jotta tielle ei pääsisi muodostumaan sadevedestä lammikoita ja liikenteen sujuminen olisi turvallista myös mutkissa, jotta teillä liikkuvat autot eivät kallistelis liikaa mutkissa. Tavallisesti kaduilla on kallistukset

tehty kahteen suuntaan, jotka ovat normaalisti 3 %:n sivukaltevuus, suunnittelussa kaltevuutta voidaan tarvittaessa muuttaa 1-5 %:n välille. Sivukaltevuuden suurin sallittu keskimääräinen poikkeama on  $\pm 0,7$  %-yksikköä, tilapäisesti poikkeama voi olla paikallisesti kaksinkertainen taulukon 8 arvoihin. (Rakennustieto.fi).

Pientareen päällystämätön osa ei saa ylittää 10 % kaltevuutta ja päällystetty 4 % kaltevuutta, mutta sen tulee olla kuitenkin vähintään samansuuruinen kuin päällystetyllä tien osuudella. Pientareen korkeus poikkeama saa olla ajoraidoilla enintään  $\pm 20$  mm ja kevyenliikenteen väylillä 0 – -30 mm. (Rakennustieto.fi).

Sivukaltevuus todetaan oikolaudalla tai erityisellä kaltevuusmittarilla tai se voidaan laskea PTM-mittausdatasta. "(PANK 5209, sivukaltevuus regressiomalli, PMT-auto)". (Rakennustieto.fi).

Katu pinnoitetaan yleensä tasaisena kerroksena ja tarvittavat kallistukset tehdään jo kantavaan tai jakavaan kerrokseen.

Taulukko 8. Kadun pinnan sivukaltevuudet. (Rakennustieto.fi)

Sivukaltevuus %	
Ajoradat	3,0-6,0
Kevyenliikenteen väylät	2,5-5,0

## 6.5 Pituuskaltevuus

Kadun pituuskaltevuuden tulee olla sujuvan ja turvallisen liikenteen kannalta mahdollisimman pieni, sillä se voi aiheuttaa vaaraa ja haittaa kaarteissa ja liukkaalla säällä. Äkillinen pinnan pituuskaltevuuden muutos tulee ottaa huomioon erityisesti risteysalueilla ja erityyppisten rakenteiden liittymäkohdissa. (Rakennustieto.fi).

Pituuskaltevuus saa olla maksimissaan pää- ja kokoaja kaduilla 8 % ja tonttikaduilla 10 %, linja-autopysäkkien ja liittymien kohdalla se saa olla enintään 4 %. Siellä missä ajoradan pintakuivatus on ainoastaan pituuskaltevuuden varassa, niin vähimmäisarvo on 0,5 %. (Rakennustieto.fi).

## 6.6 Vakavuus

Kaduilta vaaditaan koko sen suunnitellun käyttöiän ajan riittävä stabiileetti ja rakenteellinen kestävyys murtumista ja sortumista vastaan, turvallisuuden ja ylläpidettävyyden säilyttämiseksi. Kestävyyden tulee olla riittävän suuri, jottei sen puutteesta johdu havaittavia muodonmuutoksia kadunpinnalle, rakenteelle ja rakenteille ja putki- ja kaapelijohdoille ja pylväille. (Rakennustieto.fi).

## 6.7 Kadun toimivuusvaatimukset

Katu on jalkakäytävä, kevyenliikenteen väylä ja ajorata sekä tori että aukio, joka toimii samalla kunnallistekniikan, johtojen ja laitteiden sijoituspaikkana. (Rakennustieto.fi).

Hyvää katua suunnitellessa ja mitoittaessa tulee ottaa huomioon että se toimii ja palvelee mahdollisimman hyvin siinä kulkevaa liikennettä, sen varrella olevaan maankäyttöä ja toimintoja ja mahdollinen väestönkasvu ja liikenteen kehitys tulee myös muistaa. Liikennealueen tulee olla viihtyisä ja käyttäjilleen turvallinen ja tarkoituksen mukainen. Pysäköinnin ja liikenteen tulee olla sujuvaa ja se ei saa häiritä selkeästi viihtyisyyttä ja turvallisuutta. (Rakennustieto.fi).

Kadun tulee olla kestävä koko sen olemassa olon ajan jolloin sitä pääsääntöisesti käytetään liikennöintiin. Katua rakentaessa tulee mahdollistaa, että sinne sijoitettujen kaapeleiden ja laitteiden huolto, korjaus ja uusimistarpeet voidaan tehdä. (Rakennustieto.fi).

## 6.8 Turvallisuusluokittelu

Katuliikenne on välittömässä vuorovaikutuksessa kadunvarren toimintojen ja maankäytön kanssa. Turvallisuus lähtökohtana on liikenteen sopeuttaminen, eli jalankulun, kevyenliikenteen ja ajoneuvoliikenteen yhteen liittäminen tavoitteiden mukaiseksi. Turvalliseen tiellä liikkumiseen vaikuttaa paljon kadun leveys, liikenteen opasteet, kadun väri ja kaistamerkinnot sekä kaiteet, aidat, luiskien kaltevuudet ja portit. Oikealla liikenteen nopeudella on suuri merkitys liikenneturvallisuudessa. (Rakennustieto.fi).

Katujen geometriset ominaisuudet ja liittymien sijainti sekä varusteiden ja laitteiden kunnolla on iso merkitys. Tiemerkintöjen heijastuvuusominaisuuksilta ja katuvalojen toiminnalta vaaditaan paljon liikenteen turvaamiseksi pimeän ajan. Tien pinnan tulee tarjota kokoajan riittävä ja tasalaatuinen pito kaikissa olosuhteissa. (Rakennustieto.fi).

## 7 LOPPUPÄÄTELMÄ

Opinnäytetyö koskee erityisesti maarakennusalaa ja sen vaatimia näkökulmia työturvallisuuden ja laadun suhteen. Tuloksena saatiin koottua tiivis paketti tärkeimpiä ohjeita ja määräyksiä maarakennusalalla työskenteleville, niin rakennekerroksista kuin pinnoitteen tasaisuusvaatimuksista. Tätä opinnäytetyötä voidaan hyödyntää tulevissa työtehtävissä ja on oppaana tätä tietoa haluaville. Luotettavan ja ajan tasalla olevan tiedon hankinta oli haasteellista, mutta siinä samalla itsekin opin paljon uusia asioita laatuvaatimuksista ja sain rutkasti tietoa uusista määräyksistä. Työssä kerrottiin kaatu- ja tiealueen suodatin-, jakavan- ja kantavan kerroksen tiiveys- ja maa-aines vaatimuksia ja sijainti toleransseja sekä pinnoitteen kaltevuus ja tasaisuus vaatimuksia. Työturvallisuus käsittää laajaa kokonaisuutta työnteossa, mutta tähän sain koottua tärkeimmät tiedot ja ohjeet mitä työssä tulee tarvitsemaan. Työntekijällä on suuri vastuu laadukkaassa ja turallisessa työsuorituksessa.

## 8 LÄHTEET

ASUNEN Mikko, MÄKELÄ Matti 2013. Tärylevyn käyttö maarakenteiden tiivistystyön tarkkailussa. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. [viitattu 2015-03-24]. Saatavissa:

<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/55501/Tarylevyn%20kaytto%20maarakenteiden%20tiivistystyon%20tarkkailussa.pdf?sequence=1>

HÄMÄLÄINEN Heikki 2011. Tiiveyden ja kosteuden mittaus troxler 3440-laitteella. Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. [viitattu 2015-03-25]. Saatavissa:

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31284/Hamalainen\\_Heikki.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31284/Hamalainen_Heikki.pdf?sequence=1)

JÄÄSKELÄINEN, Raimo. 2009. Pohjarakennuksen perusteet, Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Tiehallinto, Tienrakennustyömaat [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-05-16] Saatavissa:

<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200053-v-08-tienrakennustyomaat.pdf>

LIIKENMINISTERIÖN PÄÄTÖS LIIKENTEEN OHJAUSLAITTEISTA 16.3.1982/203 [verkkoaineisto]. Saatavissa. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1982/19820203>

Rakennuskone.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-11] Saatavissa:

<http://www.rakennuskone.fi/maantiivistymiseen-maa-aines/>

Rakennuskone.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-13] Saatavissa:

<http://www.rakennuskone.fi/maantiivistamisen-merkitys/>

Rakennustieto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-13] Infra RYL 20000.0 Saatavissa:

<https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/infraryl/extra/toimivuusvaatimukset.html.stx>

Rakennustieto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-12] Infra RYL 20000.1.1 Saatavissa:

<https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/infraryl/extra/toimivuusvaatimukset.html.stx>

Rakennustieto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-14] Infra RYL 21110 Saatavissa:

<https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx>

Rakennustieto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-15] Infra RYL 21200 Saatavissa:

<https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx>

Rakennustieto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-14] Infra RYL 21210 Saatavissa:

<https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx>

Rakennustieto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-15] Infra RYL 21310 Saatavissa:

<https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx>

Rakennustieto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-13] Infra RYL 21410 Saatavissa:

<https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx>

Tiehallinto, Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset. [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-05-18] Saatavissa [http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/yleiset\\_perusteet.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/yleiset_perusteet.pdf)

VALTIONEUVOSTON ASETUS RAKENNUSTYÖN TURVALLISUDESTA 2009/205, 33§ [verkkoaineisto]. Saatavissa. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>

VALTIONEUVOSTON ASETUS RAKENNUSTYÖN TURVALLISUDESTA 2009/205, 34§ [verkkoaineisto]. Saatavissa. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>

VALTIONEUVOSTON ASETUS RAKENNUSTYÖN TURVALLISUDESTA 2009/203, 35§ [verkkoaineisto]. Saatavissa. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>